

ANALISIS PEMASANGAN KAPASITOR BANK PADA BUSBAR BHA, BHB DAN BHC DI PRSG

Koes Indrakoesoema, Yayan Andryanto, Adin Sudirman, Sudirman Palaloi

ABSTRAK

ANALISIS PEMASANGAN KAPASITOR BANK PADA BUSBAR BHA, BHB DAN BHC DI PRSG. Gedung 30 dan 31 merupakan gedung milik Pusat Reaktor Serba Guna yang catu dayanya tersendiri dan diperoleh melalui kontrak daya dengan PT PLN sebesar 3030 kVA. Penggunaan daya listrik pada ke dua gedung tersebut di catu melalui 3 buah busbar utama melalui 3 buah transformator yang berbeda, dimana kapasitas masing-masing transformator adalah 1600 kVA. Beban induktif sangat dominan di PRSG sehingga penyerapan daya reaktif sangat besar dan faktor daya menjadi rendah ($\leq 0,85$) yang berakibat terkena penalty oleh PLN. Pengukuran pemakaian daya pada masing-masing bus bar telah dilakukan dari tanggal 19 Juni s.d 25 Juni 2008. Saat reactor beroperasi dilakukan pengukuran pada jalur BHA dan BHB karena saat itu pompa primer dan pompa sekunder melalui kedua jalur tersebut, sedangkan pengukuran jalur BHC saat reactor tidak beroperasi. Faktor kebutuhan rata-rata PRSG saat RSG-GAS beroperasi adalah 72% dari kontrak daya 3030 kVA. Busbar BHA menyerap daya reaktif 346,507 kVAr dengan $\cos\phi = 0,85$ dan BHB menyerap daya reaktif 382,717 kVAr dengan $\cos\phi = 0,80$. Dengan memperbaiki faktor daya hingga mencapai 0,98 akan mengurangi daya reaktif 234,9 kVAr pada jalur BHA dan BHC dengan memasang 5 unit kapasitor bank @ 50 kVAr pada masing-masing busbar, sedangkan pada busbar BHB akan mengurangi daya reaktif 279,86 kVAr dengan memasang 6 unit @ 50 kVAr.

Kata kunci : Daya reaktif, faktor daya, kapasitor bank

ABSTRACT

ANALYSIS OF USING BANK CAPACITOR ON POWER SUPPLY IN PRSG. PRSG has power 3030 kVA which coming from commercial power (PT. PLN) for 2 buildings, building No.30 and No.31. The power have divided by three different transformer, namely BHT01, BHT02 and BHT03 which has capacity 1600 kVA each. In the reactor operation, average using power in RSG-GAS is 72%. Real measurement of power when reactor operation has been done at June 19 until June 25 '2008 and have been resulted reactive power in busbar BHA 346,507 kVAr with $\cos\phi = 0,85$. For busbar BHB resulted 382,717 kVAr with $\cos\phi = 0,80$. The improvement will be plan for $\cos\phi = 0,98$, using Bank Capacitor to reduce reactive power 234,9 kVAr in busbar BHA and BHC which needed 5 unit @ 50 kVAr. For busbar BHB, needed 6 unit @ 50 kVAr to reduce reactive power 279,86 kVAr.

Key words : Reactive power, power factor, bank capacitor

PENDAHULUAN

Pertumbuhan energi yang cukup besar disuplai dalam bentuk energi listrik, karena listrik menyediakan bentuk tenaga yang sangat menyenangkan untuk penerangan, daya penggerak berbagai jenis beban dan sejumlah aplikasi penggunaan lainnya.

Konsumsi energi listrik pertahun meningkat secara drastis di seluruh penjuru dunia. Standar kehidupan suatu negara dalam hal tertentu terkait dengan tingkat pemakaian listriknya. Industrialisasi yang cepat memungkinkan terjadi bila tenaga listrik yang murah tersedia.

Karena tenaga listrik sudah menjadi suatu kebutuhan pokok, untuk itulah kelangsungan

penyaluran sistem tenaga listrik harus handal dan baik. Sebaliknya kelangsungan penyaluran tenaga listrik yang diproduksi oleh sebuah Pembangkit Listrik dan disalurkan oleh Perusahaan Listrik Negara itu harus dimanfaatkan secara bijaksana.

Penggunaan yang efisien dan pemasangan peralatan listrik serta komponen yang tepat akan membantu dalam penggunaan energi listrik secara hemat dan mempunyai manfaat optimal seperti yang diharapkan.

Penerapan program penghematan energi di kantor-kantor pemerintah dapat memperkecil biaya energi untuk setiap satuan produk (*specific energy consumption*) disamping akan menghemat pemakaian energi nasional juga akan menghemat pemakaian anggaran.

Gedung RSG GA. Siwabessy (Ged.No.30) adalah gedung reaktor beserta fasilitas laboratoriumnya dan Gedung Operasi (Ged.No.31) adalah gedung perkantoran tanpa fasilitas laboratorium, di mana kedua gedung tersebut di suplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui 3 buah transformator yang terbagi dalam 3 jalur (busbar), yaitu BHA, BHB, dan BHC.

Masing-masing jalur mencatu berbagai tipe beban antara lain motor pompa, motor katub, motor chiller, penerangan, lift, dll. Kontrak daya dengan PLN telah mengalami 2 (dua) kali perubahan, kontrak daya pertama adalah 4805 kVA kemudian dilakukan penurunan daya menjadi 3805 kVA dan terakhir diturunkan kembali menjadi 3030 kVA. Hal ini dilakukan karena daya yang digunakan di reaktor selama ini, rata-rata adalah 1.677 kVA atau sekitar 55%.

Pada makalah ini akan diuraikan kajian penghematan daya listrik melalui perbaikan faktor daya ($\cos \phi$) karena selama pengukuran di tiga jalur (*busbar*) BHA, BHB dan BHC, faktor dayanya masih rendah ($< 0,85$) sehingga terkena penalti dari PLN yang harus dibayar oleh RSG-GAS.

TEORI

Sistem distribusi yang dikenal dengan sistem distribusi primer yaitu tegangan dari tegangan tinggi (TT) diturunkan ke tegangan menengah TM dengan menggunakan *step down transformer*, dan sistem distribusi sekunder dimana tegangan TM diturunkan lagi ke tegangan rendah (TR).

Pemakaian (utilisasi) yang menggunakan tegangan rendah didapat dengan cara menurunkan tegangan menengah 20 kV, 12 kV atau 6 kV ke tegangan 380 V/220 V dengan transformator penurun tegangan pada gardu tiang ataupun gardu

beton yang berada dilingkungan sekitar konsumen.

Catu daya RSG-GAS diperoleh dari PT PLN dengan kontrak daya saat ini sebesar 3030 kVA dan di distribusikan ke beban-beban di PRSG melalui 3 buah transformator dengan kapasitas masing-masing transformator 1600 kVA dan busbar utama BHA, BHB dan BHC. Lihat Gambar 1.

Penghematan pemakaian energi listrik (kWh) dapat dilakukan dengan lima alternatif berikut :

1. Menggunakan pemanfaat listrik (beban listrik) yang hemat energi,
2. Meminimalkan waktu pemakaian energi listrik,
3. Meminimalkan rugi jaringan dengan menggunakan penghantar berpenampang besar dan atau menggunakan tegangan tinggi,
4. Mengurangi rugi konduktor dengan menggunakan material *super-conductor*,
5. Meminimalkan rugi jaringan dengan mengkompensir daya reaktif induktif/kapasitif.

Beban-Beban Listrik

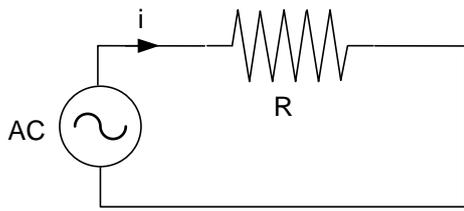
Jenis-jenis beban energi listrik terbagi atas 3 jenis beban yaitu :

- Beban Resistif
- Beban Induktif
- Beban Kapasitif

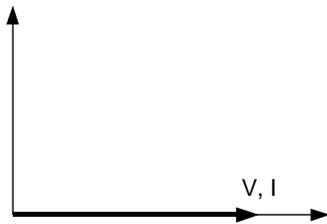
Beban Resistif (resistor)

Beban resistif (resistor): adalah beban yang berasal dari suatu komponen tahanan murni dengan simbol (R), memiliki satuan Ohm (Ω). Beban resistif terdapat pada generator, bahan penghantar saluran, transformator, motor listrik, pemanas listrik (heater), dan lain sebagainya.

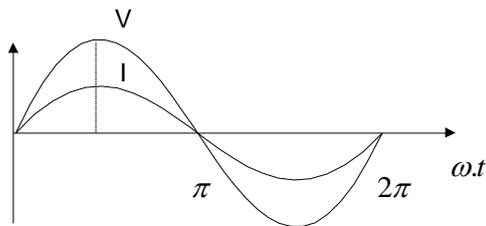
Bila dihubungkan pada sumber arus bolak-balik maka beban resistansi memiliki karakteristik sebagai berikut :



Gambar 2. Beban resistif pada sumber arus bolak-balik



Gambar 3. Diagram vektor beban resistif



Gambar 4. Diagram sinusoidal beban resistif

Resistansi suatu beban diberikan oleh rumus :

$$R = \frac{V(t)}{i(t)} \text{ [}\Omega \text{]} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].

i(t) = besar arus yang mengalir dalam fungsi waktu [Ampere].

Beban Induktif (induktor)

Beban Induktif (induktor) adalah beban yang berasal dari suatu penghantar untuk menghasilkan medan magnet yang dipergunakan untuk: merubah energi mekanik ke energi listrik ataupun sebaliknya, menaikkan atau menurunkan tegangan listrik dan lain sebagainya. Induktor itu sendiri memiliki simbol (L) dengan satuan Henry. Beban induktif terdapat pada suatu saluran transmisi yang merupakan rugi-rugi dari saluran tersebut. Beban induktif juga terdapat pada generator, motor listrik, kontaktor magnet, dan lain sebagainya.

Induktansi diberikan dengan persamaan :

$$V(t) = L \frac{di}{dt} \text{ dan } i(t) = \frac{1}{L} \int V \cdot dt \dots\dots\dots (3)$$

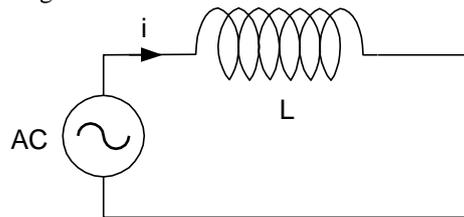
$$L = \frac{V(t)}{di/dt} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

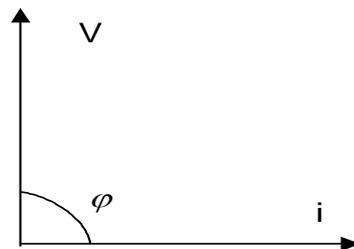
V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].

di/dt = turunan pertama dari arus terhadap waktu [Ampere]

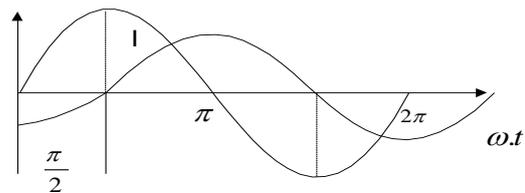
Bila dihubungkan pada sumber arus bolak-balik maka beban induktif memiliki karakteristik sebagai berikut :



Gambar 5. Beban induktif pada sumber arus bolak-balik



Gambar 6. Diagram vektor beban induktif



Gambar 7. Diagram sinusoidal beban induktif

Reaktansi Induktif suatu beban diberikan oleh rumus

$$X_L = \omega L = \frac{V}{I} \text{ [}\Omega \text{]} \dots\dots\dots(5)$$

maka

$$L = \frac{V}{I\omega} \text{ [Henry]} \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

ω = kecepatan sudut [rad/sec] = 2 π f ;

f = frekuensi tegangan.[Hertz]

X_L = reaktansi induktif [Ω]

Beban Kapasitif (kapasitor)

Beban Kapasitif (kapasitor) adalah beban yang

berasal dari dua bahan penghantar (konduktor) yang terpisah, dengan polaritas yang berbeda pada penghantarnya. Beban kapasitif ini berfungsi menyimpan muatan listrik. Beban kapasitif diantaranya terdapat pada: saluran penghantar, mesin sinkron berpenguatan lebih, kapasitor, dan lain sebagainya. Kapasitor memiliki simbol (C) dengan satuan Farad.

Kapasitansi diberikan dengan persamaan :

$$V(t) = \frac{1}{C} \int i dt \dots\dots\dots(7)$$

$$i(t) = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} \dots\dots\dots(8)$$

$$Q(t) = C \cdot V(t) \dots\dots\dots(9)$$

Maka :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_o \epsilon_r A}{d} \text{ (Farad) } \dots\dots\dots(10)$$

dimana :

V(t) = besar tegangan listrik dalam fungsi waktu. [Volt].

di/dt = turunan pertama dari arus terhadap waktu [Ampere] .

C = besar kapasitansi (Farad)

Q = muatan pada salah satu konduktor (Coulomb)

V = tegangan kedua konduktor (Volt)

ϵ = permitivitas bahan antara dua penghantar

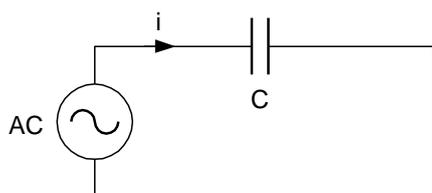
ϵ_o = permitivitas udara ($4\pi \cdot 10^{-7}$)

ϵ_r = permitivitas relatif bahan.

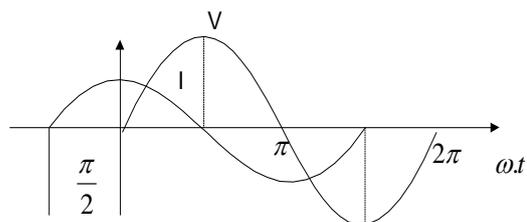
A = luas masing-masing plat penghantar

D = jarak antara dua penghantar

Bila dihubungkan pada sumber arus bolak-balik maka beban kapasitif memiliki karakteristik sebagai berikut :

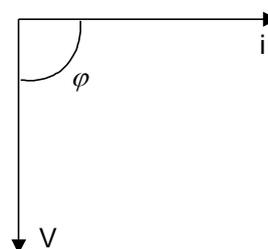


Gambar 8. Beban kapasitif pada sumber arus bolak-balik



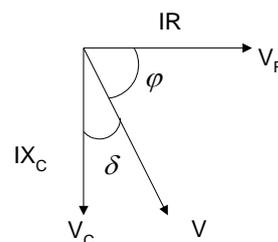
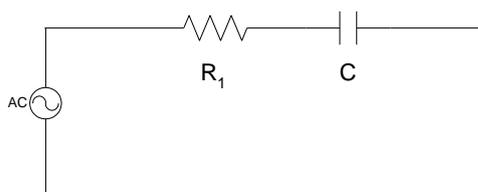
Gambar 9. Diagram vektor kapasitor dengan dielektrik udara

Jika menggunakan bahan dielektrik udara ($\epsilon_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$) diantara dua plat, maka kapasitor memiliki diagram vektor sebagai berikut :

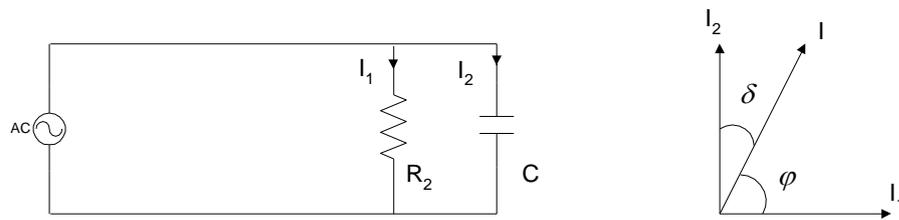


Gambar 10. Diagram sinusoidal beban kapasitif dielektrik udara

Tetapi jika menggunakan bahan dielektrik lain maka akan terjadi rugi-rugi yang hilang berupa panas. Adanya rugi-rugi ini menyebabkan arus tidak lagi mendahului (*leading*) 90° terhadap tegangan. Rugi akibat dielektrik pada suatu kapasitor digambarkan sebagai suatu rangkaian yang terdiri kapasitor murni diserikan dengan suatu tahanan rendah R_1 atau parallel dengan suatu tahanan tinggi R_2 .



Gambar 11. Rangkaian R dan C seri dengan gambar fasornya



Gambar 12 Rangkaian R dan C paralel dengan gambar fasornya

Karena nilai δ sangat kecil maka :

$$\sin \delta = \tan \delta$$

Sehingga daya yang hilang pada kapasitor sebagai rugi-rugi adalah $V.I.\cos \phi$ yang nilainya sama dengan $V.I.\tan \delta$ dan $\tan \delta$ disebut sebagai faktor rugi (*loss factor*).

Kapasitansi suatu beban diberikan oleh rumus :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{V}{I} \text{ [}\Omega\text{]} \dots\dots\dots(11)$$

Maka
$$C = \frac{I}{\omega V} \text{ [Farad]} \dots\dots\dots (12)$$

dimana :

$$\omega = \text{frekuensi sudut [rad/sec]} = 2\pi f ; \quad f = \text{frekuensi [Hertz]}$$

$$X_C = \text{reaktansi kapasitif [}\Omega\text{]}$$

Daya Listrik

Daya adalah banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus dengan satuan Watt. Daya dalam Watt yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat adalah hasil kali tegangan beban sesaat (Volt) dengan arus sesaat yang mengalir dalam beban tersebut (Ampere).

Dalam kelistrikan dikenal adanya beberapa jenis daya, yaitu :

- Daya Semu (S)
- Daya Aktif (P)
- Daya Reaktif (Q)

Daya Semu

Daya semu untuk sistem fasa tunggal dengan sirkuit dua kawat adalah perkalian skalar arus dan tegangan efektifnya.

Jadi daya semu (S) dinyatakan melalui persamaan:

$$S = |V| \cdot |I| \text{ [VA]} \dots\dots\dots(16)$$

Sedangkan untuk sistem 3 fasa daya semu dinyatakan dengan :

$$S = 3 |V| \cdot |I| \text{ [VA]} \dots\dots\dots(17)$$

Daya Aktif

Daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = \frac{V_{\text{maks}} I_{\text{maks}}}{2} \cos \phi \dots\dots\dots (19)$$

P adalah daya rata-rata yang juga disebut sebagai daya aktif.

Persamaan untuk daya beban tiga fasa yang seimbang dinyatakan oleh

$$P = \sqrt{3} |V_{\text{jala - jala}}| |I_{\text{jala - jala}}| \cos \phi \text{ [Watt]} \dots\dots(20)$$

dimana:

V_{jala} = tegangan efektif

I_{jala} = arus jala efektif

Daya Reaktif

Daya reaktif dituliskan dengan persamaan :

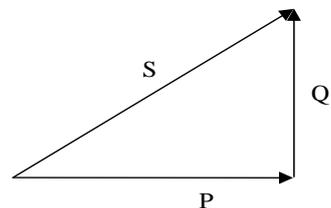
$$Q = \frac{V_{\text{maks}} I_{\text{maks}}}{2} \sin \phi \dots\dots\dots(21)$$

atau

$$Q = |V| |I| \sin \phi \text{ [VAr]} \dots\dots\dots(22)$$

Segitiga Daya

Hubungan antara daya semu (S), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dikenal dengan istilah segitiga daya. Hubungan antara ketiganya, baik untuk beban bersifat induktif maupun untuk beban bersifat kapasitif dapat dilihat pada gambar berikut ini.



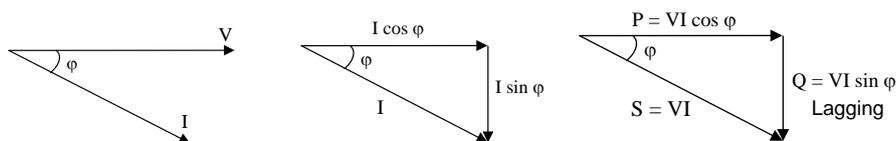
Gambar 13. Segitiga Daya

dimana :

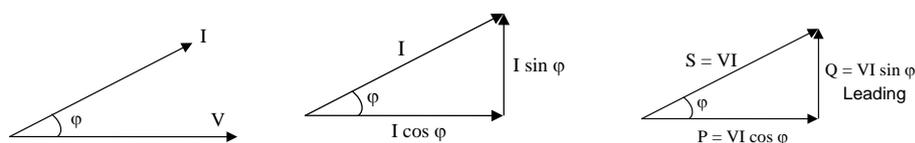
$$P = V.I. \cos \phi$$

$$S = V.I$$

$$Q = V.I. \sin \phi$$



Gambar 14. Segitiga Daya untuk beban induktif



Gambar 15. Segitiga Daya untuk beban Kapasitif

Dari gambar-gambar di atas jelas bahwa

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(23)$$

atau $P = S \cos \varphi$; $Q = S \sin \varphi$

Faktor Daya

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan daya reaktif dengan daya semu dan dapat dirumuskan dengan :

$$\text{faktor daya} = \cos \varphi = \frac{P(\text{dayaaktif})}{S(\text{dayasemu})} \dots\dots(2.39)$$

Sudut φ adalah sudut fasa; dimana arus mendahului tegangan (leading) atau arus tertinggal dari tegangan (lagging) dari beban yang bersangkutan. Semua peralatan listrik, kecuali motor sinkron, tahanan-pemanas dan lampu pijar, mengkonsumsi daya listrik pada faktor kerja pengikut (lagging)

TATA KERJA

Pengukuran parameter-paramaeter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif dan daya semu serta $\cos \varphi$ dilakukan pada tiap-tiap jalur (busbar), BHA, BHB dan BHC.

Pengukuran dilakukan saat reaktor beroperasi dan saat tidak beroperasi, secara terus menerus. Untuk jalur BHB dari tanggal 19 Juni s.d 23 Juni 2008, sedangkan jalur BHA dari tanggal 23 Juni s.d 24 Juni 2008 dan untuk jalur BHC dari tanggal 24 Juni s.d 25 Juni 2008. Saat beroperasi dilakukan pengukuran pada jalur BHA dan BHB, sedangkan saat tidak beroperasi dilakukan pada jalur BHC.

Peralatan yang digunakan adalah Hioki Power Quality Analyzer 3196, secara bergantian untuk tiap-tiap jalur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban trafo BHT01/02/03 melalui jalur BHA, BHB dan BHC saat dilakukan pengukuran pada tanggal 19 s.d 25 Juni, 2008 dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Beban Tiap Jalur

BEBAN			
No	BHT02 - Jalur BHB (Tanggal 19 s.d 23 Juni)	BHT01 - Jalur BHA (Tanggal 23 s.d 24 Juni)	BHT03 - Jalur BHC (Tanggal 24 s.d 25 Juni)
1	Sistem Pendingin Sekunder: a. PA-02 AH001 b. PA-02 AH003	Sist. Pendingin Sekunder a. PA-01 AH001 b. PA-01 AH002 c. PA-01 AP001	Pembersih Kolam: a. PAH01 GS001 b. PAH02 GS002
2	Chiller: QKJ00 GS002	Sistem Air Demi: GHC02 GS001	Penerangan: UKA04 GP101
3	Sistem Air Bebas Mineral: GCA01 GS001	Sist.Pemurnian Air Kolam: KBE01 A001	Ventilasi: KLC00 GS017
4	Sist.Pemurnian Air Kolam: KBE01 AP002	Sist.Pemur.Air Kolam EBB: FAK01 AP001	Chiller: QKJ00 GS003

Tabel 1. lanjutan

No	BHT02 - Jalur BHB (Tanggal 19 s.d 23 Juni)	BHT01 - Jalur BHA (Tanggal 23 s.d 24 Juni)	BHT03 - Jalur BHC (Tanggal 24 s.d 25 Juni)
5	Sistem Pendingin Primer: JE-01 AP002	Sistem Pendingin Primer: JE-01 AP001	Sist.Pemur.Air Kolam EBB: FAK01 AP002
6	Ventilasi: KL-00 GS007	Penampung limbah cair: KPK01 AP002	Drainase: KTA01 AP001
7	Penerangan: UJA09 GP107	Kompresor udara: SCA01 GS001	Ventilasi : a. KL-00 GS009 b. KL-00 GS010
8	Beban dari busbar darurat BNB : 88,15 kW	Penerangan: UJA02 GP101	Chiller : QKJ00 GS004
			Lapisan Air Hangat: KBE02 GS001
			Penerangan: UJA09 GP106
		Beban dari busbar darurat BNA : 159,2 kW	Beban dari busbar darurat BNC : 174,4 kW
	Total Daya Terpasang : 684,314 kW	Total Daya Terpasang : 684,15 kW	Total Daya Terpasang : 549,9 kW

Hasil pengukuran pada tiap-tiap jalur diperlihatkan pada Tabel 2

Tabel 2. Data Pengukuran pada masing-masing jalur tanggal 19 Juni s/d 25 Juni 2008

Tanggal	Trafo BHT02 – Busbar BHB				Pembebanan Maks
	Daya	Minimum	Rata-rata	Maksimum	
19.06 pk.09.12 s.d 20.06 pk.23.54	kW	41,600	132,132	235,800	23,55%
	kVAr	34,000	116,803	294,000	
	kVA	54,400	177,079	376,800	
	Faktor Daya	0,62	0,73	0,83	
20.06 pk.23.55 s.d 23.06 pk.08.36	kW	411,000	506,439	630,500	47,23%
	kVAr	291,900	382,717	426,600	
	kVA	519,100	634,899	755,600	
	Faktor Daya	0,70	0,80	0,84	
Trafo BHT01 – Busbar BHA					
23 Juni jam 09.09 s.d jam 16.14	kW	533,400	549,546	569,300	42,03%
	kVAr	334,300	346,507	371,800	
	kVA	631,900	649,718	672,500	
	Faktor Daya	0,82	0,85	0,86	
23.06 pk.16.15 s.d 24.06 pk.13.53	kW	137,300	147,502	352,100	26,33%
	kVAr	111,600	120,555	281,200	
	kVA	180,100	190,573	421,300	
	Faktor Daya	0,73	0,77	0,83	
Trafo BHT03 – Busbar BHC					
24.06 pk.14.06 s.d 25.06 pk. 15.14	kW	262,400	336,756	396,300	28,58%
	kVAr	175,700	201,630	233,700	
	kVA	325,400	392,698	457,300	
	Faktor Daya	0,78	0,86	0,89	

Saat dilakukan pengukuran, operasi reaktor yang dijalankan hanya melalui jalur BHA dan BHB, sedangkan jalur BHC tidak dibebani oleh motor primer dan motor sekunder atau trafo BHT03 tidak

mengalami pembebanan seperti dua jalur lainnya. Untuk pembebanan trafo BHT01 dan BHT02 saat belum beroperasi reaktor atau beberapa sistem seperti pompa pendingin primer dan sekunder belum dihidupkan, hanya 26,33% untuk BHT01 dan 23,55% untuk BHT02, sedangkan trafo BHT03 adalah 28,58%. Disini menunjukkan belum seimbangnnya pembagian beban pada ketiga jalur, dimana saat reaktor belum beroperasi kebanyakan beban berasal dari gedung operasi (Gedung 31).

Daya reaktif rata-rata pada jalur BHA dan BHB adalah 120,555 kVar dan 116,803 kVar serta faktor daya rata-rata adalah 0,77 dan 0,73. Dengan faktor daya yang rendah maka terkena denda dari PLN, karena PLN mensyaratkan untuk pemakaian beban dengan faktor daya $\leq 0,85$ harus membayar kVar pemakaian.

Reaktor beroperasi pada tanggal 20 Juni pk.23.55 s.d 23 Juni pk.08.36 menyerap daya aktif rata-rata 506,439 kW dan daya reaktif 382,717 kVar dengan faktor daya 0,8 dan kapasitas trafo (BHT02) yang terpakai hanya 47,23% pada jalur BHB sedangkan pada jalur BHA yang diukur pada 23 Juni pk. 09.09 s.d jam 16.14 menyerap daya aktif 549,546 kW, daya reaktif 346,507 kVar dan faktor daya 0,85 serta kapasitas trafo (BHT01) yang terpakai 42,03%.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa daya rata-rata yang diserap oleh masing-masing jalur BHA, BHB dan BHC saat reaktor beroperasi relatif sama, yaitu sekitar 500 kW, meski ada kemungkinan jalur BHC akan lebih tinggi bila dilihat bahwa hasil pengukuran pada jalur BHC saat reaktor tidak beroperasi menghasilkan daya lebih tinggi dibandingkan dengan 2 jalur lainnya.

Melihat masih rendahnya faktor daya pada ketiga jalur sehingga terkena penalti oleh PLN, maka akan

dilakukan perbaikan faktor daya sebesar 0,98 yang berakibat berkurangnya daya reaktif yang pada akhirnya memperkecil biaya beban listrik perbulan di PRSG.

PERBAIKAN FAKTOR DAYA

Untuk melihat faktor kebutuhan, diambil daya maksimum (kVA) pada ketiga jalur saat reaktor beroperasi, lihat tabel 2., (jalur BHC diambil sama dengan BHB), yaitu.

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{\text{Daya maksimum (kVA)}}{\text{Daya Terpasang (kVA)}}$$

$$= \frac{672,500 + 755,600 + 755,600}{3030} \times 100\% = 72\%$$

Pada busbar BHA dan busbar BHC, daya aktif rata-rata (P) masing-masing adalah 549,546 kW. Dengan $\cos \phi = 0,98$, diperoleh sudut $\phi = 11,48^\circ$. Dengan persamaan segitiga daya, daya reaktif $Q = P \tan \phi$, diperoleh $Q = 111,607$ kVar. Dengan demikian Q yang dapat diminimalkan adalah $(346,507 - 111,607)$ kVar = 234,9 kVar.

Busbar BHB, daya aktif rata-rata, adalah 506,439 kW. Diperoleh daya reaktif 102,85 kVar. Dan daya reaktif yang dapat diminimalkan adalah $(382,717 - 102,85)$ kVar = 279,86 kVar.

Dengan memasang kapasitor bank 5 unit @ 50 kVar untuk masing-masing busbar BHA dan BHC serta 6 unit @ 50 kVar untuk busbar BHB, maka unit kapasitor bank tersebut akan mampu meminimalkan daya reaktif tersebut, sehingga pencapaian faktor daya mendekati 0,98 akan terpenuhi.

Uraian di atas dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

BUSBAR	Daya reaktif sebelum dipasang Capacitor Bank (kVar)	Cos ϕ	Daya reaktif yg dikurangi (kVar)	Cos ϕ yang diinginkan	Jumlah unit Kapasitor Bank @ 50 kVar
BHA	346,507	0,85	234,9	0,98	5
BHB	382,717	0,80	279,86	0,98	6
BHC	346,507	0,80	234,9	0,98	5

KESIMPULAN

Penghematan pemakaian energi listrik dapat dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu mengurangi kontrak daya terpasang, memantapkan peralatan listrik yang tidak diperlukan dan memperbaiki faktor daya menjadi lebih besar dari 0,85.

Faktor kebutuhan rata-rata daya PRSG saat RSG-GAS beroperasi adalah 72% dari kontrak daya sebesar 3030 kVA. Dari hasil pengukuran saat reaktor beroperasi, busbar BHA menyerap daya reaktif 346,507 kVar dengan $\cos \phi$ 0,85 sedangkan

busbar BHB menyerap 382,717 kVar dengan $\cos \phi$ 0,80.

Untuk mengurangi daya reaktif (kVar) pada tiap-tiap jalur atau menaikkan faktor daya ($\cos \phi$) menjadi 0,98 maka dibutuhkan 5 unit kapasitor bank @ 50 kVar pada jalur BHA dan juga jalur BHC untuk mengurangi daya reaktif 234,9 kVar, sedangkan jalur BHB dibutuhkan 6 unit @ 50 kVar untuk mengurangi daya reaktif 279,86 kVar.

PUSTAKA

1. [http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/ indo/Chapter%20-%20 Electricity%20 \(Bahasa%20Indonesia\).pdf](http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/indo/Chapter%20-%20Electricity%20(Bahasa%20Indonesia).pdf)
2. PRANYOTO, Energy Saver: Alat Penghemat Listrik Untuk Rumah Tangga, Majalah Energi & Listrik, Vol. XIV, No. 1/2, Juni 2005.
3. ZUHAL, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT Gramedia Pustaka, Jakarta 1995.

